Die Brechung und Dispersion des Lichtes in einigen Gasen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der philosophischen Doktorwürde

der

hohen philosophischen Fakultät der Kgl. Universität Breslau

vorgelegt

und mit ihrer Genehmigung veröffentlicht von

Georg Gruschke.

Sonnabend, den 24. September 1910, 12 Uhr

im Musiksaal der Universität:

Vortrag:

Die Theorie der Konsonanz und Dissonanz

und

Promotion.

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

Breslau 1910

Druck von Grass, Barth & Comp. (W. Friedrich). 672 10

Gedruckt mit Genehmigung der hohen philosophischen Fakultät der Kgl. Universität Breslau.

Referent: Prof. Dr. Lummer.

Korreferent: Prof. Dr. Pringsheim.

Examen rigorosum: 30. Juli 1910.

Meinen Eltern.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548206_0203

Die Brechung und Dispersion des Lichtes in einigen Gasen.

Einleitung.

Die Bestimmung der Refraktion und Dispersion der Gase ist in neuerer Zeit von großer Wichtigkeit geworden. Denn die zahlreichen Dispersionstheorien, die, über ihr ursprüngliches Ziel weit hinausgehend, auch eine Aufklärung über den Vorgang der Lichtemission, über die Struktur der Atome, über den Zusammenhang zwischen optischen und chemischen Eigenschaften der Körper geben wollen, können bei den Gasen mit der größten Aussicht auf Erfolg geprüft werden, da dort die von der Theorie vorausgesetzten Bedingungen vielfach mit großer Annäherung erfüllt sind.

Von Interesse ist auch die Frage, die ursprünglich den Ausgangspunkt meiner Arbeit bildete, inwieweit das Biot-Aragosche Gesetz von der additiven Zusammensetzung der Brechungsvermögen bei Gasgemischen gültig ist, d. h. ob man es hierbei nur mit Gemengen zu tun hat, in denen sich die optischen Eigenschaften der Komponenten ungestört superponieren, oder mit Lösungen, in denen sie durch Veränderungen im Molekülbau wesentlich kompliziert werden. Diese letzte Frage kann jedoch, wie ich mich im Laufe der Untersuchung mehr und mehr überzeugen mußte, mit den heute auf optischem Gebiet zu Gebote stehenden Hilfsmitteln wohl kaum gelöst werden, da die Fehler bei den Refraktionsbestimmungen selbst sicherlich größer sind, als die Abweichungen von dem zu prüfenden Gesetz. Außerdem stößt die Herstellung absolut reiner Gase auf große Schwierigkeiten.

Deshalb ist auch in der vorliegenden Arbeit auf eine Prüfung des erwähnten Gesetzes Verzicht geleistet und durch Messung der Refraktion und Dispersion in einigen Gasen nur eine Vermehrung des Materials angestrebt.

Es ist besonders wichtig, die Individuen einer chemischen Verbindungsreihe zu untersuchen, da die zu beobachtenden Verschiedenheiten im optischen Verhalten bei einem solchen System nur herrühren können von der Verschiedenheit der Bindung und so einen Rückschluß auf diese gestatten. Aus diesem Grunde sind von S. Loria[1]) im hiesigen Institut mehrere Kohlenwasserstoffe im Zusammenhang untersucht worden.

In ähnlicher Weise sollte in der vorliegenden Arbeit die Dispersion der Kohlenstoff-Sauerstoffverbindungen gemessen werden. Als solche

[1]) Ann. der Phys. 29, pag. 605; 1909.

kommen zur Zeit in Betracht das Kohlendioxyd CO_2, Kohlenoxyd CO und das Kohlensuboxyd C_3O_2. Letzteres ist von O. Diels und B. Wolf [1]) zum ersten Male dargestellt und auf seine optischen Eigenschaften erst im flüssigen Zustande untersucht worden [2]), noch nicht aber im gasförmigen. Brechung und Dispersion an gasförmigem CO_2 und CO sind bereits gemessen worden und zwar, abgesehen von den älteren Messungen für weißes Licht, CO_2 von Ketteler, Mascart, Perreau, Walker, Chappuis und Rivière, Rentschler, J. Koch und Stuckert, CO von Mascart, Perreau, Rentschler und J. Koch [3]). Die Resultate dieser Arbeiten weichen aber zum Teil voneinander ab, es fehlt auch fast überall eine Analyse der untersuchten Gase, und schließlich lassen sich gut nur die mit demselben Apparat gemessenen Werte miteinander vergleichen.

Es ist daher CO_2 und CO hier nochmals gemessen, das Gas analysiert, und was wohl bisher noch nirgends geschehen, das Resultat der Analyse zu einer Korrektion des Brechungsquotienten benutzt worden. Teils zur Berechnung dieser Korrektion, teils um das Funktionieren des Apparates zu erproben, wurde zuerst die bereits gut bekannte Dispersion der Luft nochmals gemessen.

Apparat und Methode.

Zur Bestimmung der Brechungsquotienten wurde eine Interferenz methode benutzt: Zwischen die Spiegel eines Jaminschen Interferentialrefraktors wurden zwei Röhren gebracht, von denen die eine evakuiert, die andere mit dem Versuchsgas gefüllt war. Das entstehende Interferenzstreifensystem wurde spektral zerlegt und an einer bestimmten Stelle des Spektrums die Anzahl N der vorübergewanderten Streifen beobachtet, die einer stetigen Druckänderung p im Versuchsrohr entsprach.

Ist d die Dichte des Gases, so gilt nämlich

$$(1) \qquad \frac{n - 1}{d} = \text{const.}$$

und für die beiden Drucke 760 und p:

$$(2) \qquad n - 1 = (n_p - 1)\ d_{760}/d_p\ ,$$

wobei n den Brechungsquotient für Normaldruck und Normaltemperatur bezeichnet.

Für d_{760}/d_p kann man, wenn α der Ausdehnungskoeffizient des Gases ist, auch schreiben

---

[1]) Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. 1906, 39,1 pag. 689.

[2]) O. Diels und P. Blumberg, Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. 1908, 41,1 pag. 82.

[3]) Literatur siehe bei Stuckert, Über die Lichtbrechung der Gase etc. Zeitschrift für Elektrochemie 1910, und bei J. Koch, Dispersionsmessungen in Gasen, Nova Acta Upsal. 1909 Ser. IV. Vol. 2. N. 5.

(3) $$\frac{760}{p}(1+\alpha t);$$

also

(4) $$n-1=(n_p-1)\frac{760}{p}(1+\alpha t).$$

Nun ist aber der Gangunterschied der beiden Lichtstrahlen einmal gleich $\lambda \cdot N$, wo λ die Wellenlänge des Lichtes ist, da jeder Streifen einem Gangunterschied von einer Wellenlänge entspricht. Andererseits ist er gleich der Differenz der optischen Längen, $L \cdot n_p - L$, wo L die Länge der Röhren ist. Es ist also

(5) $$n_p - 1 = \frac{\lambda \cdot N}{L}$$

und, oben in (4) eingesetzt:

(I) $$n-1=\frac{N \cdot 760 \cdot \lambda \cdot (1+\alpha t)}{L \cdot p}$$

In dem Falle, daß das untersuchte Gas nicht rein ist, erhält man so natürlich nur den Brechungsquotienten des Gemisches. Da die Verunreinigungen aber bei den vorliegenden Versuchen gemäß den bei der Entwickelung vor sich gehenden Reaktionen nur durch ein einzelnes Gas hervorgerufen sein können, wurde nach dem Biot-Aragoschen Gesetz der wahre Brechungsquotient des Gases gefunden nach der Formel

(6) $$y\,(n_y-1)+(100-y)(n_{Gas}-1)=100\,(n_{Gemisch}-1),$$

wo y der Prozentgehalt des Gemisches an dem verunreinigenden Gas, n_y dessen Brechungsquotient ist.

Die Dispersion wurde auf folgende Weise bestimmt: Es ist nach Gleichung I für eine Wellenlänge λ_1

(7) $$n_1 - 1 = \text{const.}\, N_1 \cdot \lambda_1;$$

ebenso für eine andere Stelle des Spektrums

(7a) $$n_2 - 1 = \text{const.}\, N_2 \cdot \lambda_2.$$

Lagen nun zu Anfang zwischen λ_1 und λ_2 δ_1 Streifen, nach Vorüberwandern von N_1 Streifen an der Stelle λ_1 dagegen δ_2, so werden inzwischen $\delta = \delta_1 - \delta_2$ Streifen mehr oder weniger an der Stelle λ_2 vorübergewandert sein, je nachdem λ_2 von λ_1 aus nach dem violetten oder dem roten Teile des Spektrums zu liegt (normale Dispersion vorausgesetzt). Das heißt, es ist $N_2 = N_1 \pm \delta$, und wenn man die Gleichungen dividiert und den Wert für N_2 einsetzt:

$$\frac{n_2-1}{n_1-1}=\frac{N_2\,\lambda_2}{N_1\,\lambda_1}$$
$$=\frac{N_1 \pm \delta}{N_1}\cdot\frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

(II) $$n_2 - 1 = (1 \pm \delta/N_1)\frac{\lambda_2}{\lambda_1}(n_1 - 1)$$

Die Dispersion der Gase wird, wie leicht nachzuweisen ist, durch so kleine Verunreinigungen, wie sie hier vorkommen, nicht meßbar beeinflusst, weswegen die bei der absolut gemessenen Linie experimentell bestimmte Korrektur in derselben Größe auch an den daraus berechneten Werten für andere λ angebracht werden konnte.

Zur näheren Charakterisierung des Apparates und des Aufbaues ist folgendes zu bemerken.

Als Lichtquelle diente eine selbstregulierende Bogenlampe B (siehe Figur Seite 27) mit horizontaler Dochtkohle. Das Lichtbündel wurde durch die Linse L_1 parallel gemacht und fiel dann nach Passieren eines Troges T mit Wasser und eines horizontalen Diaphragmas D auf den Spiegel S_1 des Interferentialrefraktors. Dort wurde es durch Reflexion an der vorderen und hinteren Fläche in zwei Strahlen zerlegt, die in etwa 2 cm Abstand die Versuchsröhren R_1 und R_2 passierten. Diese Röhren waren des besseren Temperaturausgleichs wegen aus Messing gefertigt und fest miteinander verbunden; als Verschluß diente an jedem Ende eine gut planparallele Glasplatte, die mit Siegellack aufgekittet war. Die Länge der Röhren betrug 973,2 mm. Sie wurden mit den aufgekitteten Glasplatten zusammen durch Auflegen auf ein Normalmeter gemessen und dann die vorher gemessene Dicke der Platten in Abzug gebracht.

Nach der Wiedervereinigung am Spiegel S_2, der anfänglich parallel zu S_1 justiert war, wurde das Licht durch die Linse L_2 auf den Spalt eines Zeissschen Monochromators konzentriert und darin zu einem Spektrum ausgezogen. Wurde der Spiegel S_2 ein wenig gegen S_1 geneigt, dann traten in dem Spektrum Interferenzstreifen auf, die durch entsprechende Regulierung an S_2 in vertikale Lage gebracht wurden.

Um die Stelle im Spektrum, an welcher die Streifenverschiebung gemessen werden sollte, genau festzulegen, wurde mit Hilfe eines kleinen totalreflektierenden Prismas P, welches vor den Spalt des Monochromators aufgekittet war, unmittelbar unter den Interferenzstreifen das Spektrum einer Heliumröhre entworfen und zu jeder Messung das Fadenkreuz auf eine der sechs hellen Linien eingestellt. Ihre Wellenlängen betrugen nach Runge und Paschen[1]):

λ_{rot}	= 6678,37	Å. E.
λ_{gelb}	= 5875,870	„
$\lambda_{grün\ II}$	= 5015,732	„
$\lambda_{grün\ III}$	= 4922,096	„
$\lambda_{hellblau}$	= 4713,252	„
$\lambda_{dunkelblau}$	= 4471,646	„

[1]) Kayser, Spektroskopie 2.

Die beiden Rohre R_1 und R_2 waren mit der Luftpumpe und einem Geißlerrohr G (siehe Figur) verbunden, welches als Vakuummeter diente. Als Luftpumpe wurde eine Quecksilberpumpe nach dem Sprengelschen Prinzip in Verbindung mit Wasserstrahlluftpumpe benutzt, in einer Ausführung, wie sie sich im hiesigen Institute gut bewährt hat. Sie pumpte das große Volumen von mehreren Litern in verhältnismäßig kurzer Zeit auf ein solches Vakuum aus, daß in dem erwähnten Geißlerrohr keine Entladungen mehr zu sehen waren.

Das Versuchsrohr war außerdem mit einem Manometer M und einem Phosphorpentoxydgefäß verbunden. Das Verbindungsrohr teilte sich dann in zwei Zweige, die zu den übrigen Teilen des Apparates führten und je einen Hahn enthielten. Von diesen diente C_2 zum Einströmen, C_1 zum Ausströmen des Gases. Vor bezw. hinter ihnen waren sehr enge Kapillaren angebracht, um das Ein- und Ausströmen auf mäßige Geschwindigkeit zu regulieren. In den mit dem Rohr R_1 zusammenhängenden Teilen waren enge Röhren sorgfältig vermieden, um eine Verzögerung des Druckausgleichs zu verhindern. Parallel zum Hahn C_2 lag noch ein Hahn C_3, der zum Evakuieren des hinter C_2 liegenden Raumes diente, da durch die Kapillaren ein Evakuieren mit großem Zeitverlust verbunden gewesen wäre. Die Teile des Apparates waren alle fest verblasen mit Ausnahme der Verbindungen der beiden Messingröhren mit der Gaszufuhr und der Pumpe. An diesen Stellen waren die Glasröhren in angesetzte Messingröhren mit Siegellack eingekittet. Gummiverbindungen kamen überhaupt nicht vor. Der Apparat hielt so dicht, daß selbst nach mehrtägigem Stehen keine Verschlechterung des Vakuums zu erkennen war. Gleichwohl ging während fast aller Versuche sicherheitshalber dauernd die Luftpumpe, um das Vergleichsrohr auf Vakuum zu erhalten.

Das Manometer bestand aus einem 22 mm weiten mit Quecksilber gefüllten U-Rohr. Das Rohr war so weit gewählt worden, um den Einfluss des Festhängens des Hg am Glase zu vermeiden und immer einen gut erkennbaren Meniskus zu haben. Die Ablesung erfolgte mittels eines Kathetometers auf $^1/_{20}$ mm. Die Änderung des äußeren Barometerstandes während einer Messung kam nicht in Betracht, da sie, wie nachgewiesen wurde, innerhalb der Fehlergrenzen lag. Zur Kontrollierung der Temperatur befand sich ein Thermometer am Manometer (Teilung in Grade, $^1/_{10}{}^0$ geschätzt) und je eines an jedem Rohrende (Teilung $^1/_{10}{}^0$, $^1/_{100}{}^0$ geschätzt).

Von den beiden letzterwähnten Thermometern war das eine, Thermometer I, von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt geprüft worden und hatte in dem in Frage kommenden Bereich eine Korrektion von $-0{,}08\,^0$. Mit ihm wurde das andre, Thermometer II, an Ort und Stelle verglichen. Es hatte gegen I eine Korrektion von $+0{,}08\,^0$, so daß es

zur Berechnung keiner Korrektion bedurfte. Die Thermometer wurden mittels eines Fernrohrs abgelesen.

Um die Röhren, in deren eine das Gas geleitet wurde, vor Temperaturschwankungen zu sichern, waren sie dicht in Watte gepackt und dann in Stanniol eingehüllt, so daß die Einflüsse konvektiver wie strahlender Wärme während einer Messung so gut wie ausgeschaltet waren. Die beiden Thermometer waren mit ihren unteren Enden direkt mit den Röhren in Berührung und mit diesen zusammen verpackt.

Das Rohr R_2 wurde zunächst mit dem ganzen Apparat evakuiert, dann aber vor Beginn der Messungen bis zu einem Druck von etwa 40 cm Quecksilber mit dem zu untersuchenden Gase gefüllt. Zur Messung wurde durch den Hahn C_2 Gas hinzugelassen, und zwar in Etappen, während deren etwa 25 bezw. 50 Interferenzstreifen am Fadenkreuz vorüberwanderten. Nach Schließen des Hahnes kamen die Streifen in der Regel schnell zur Ruhe. Manchmal trat noch eine kleine langsame Verschiebung ein, die zunächst auf Temperaturausgleich geschoben wurde. Deshalb wurde die genaue Streifenzahl immer erst nach Ablesung des Manometers und der Thermometer abgelesen. Nach Fertigstellung der Messungen an Luft und Kohlensäure wurde dagegen festgestellt, daß die nachträgliche Verschiebung wahrscheinlich von der Erwärmung des ersten Spiegels herrührte. Es ließ sich in der Tat nachweisen, daß alle Messungen, die bald nach dem Anzünden der Bogenlampe begonnen worden waren, unter diesem Mangel zu leiden hatten. Es wurde auf diese Weise eine zu hohe oder zu niedrige Streifenzahl abgelesen, je nachdem die Streifen, wie es beim Ausströmen des Gases der Fall war, nach links, oder, beim Einströmen, nach rechts wanderten. Die zugehörigen Messungsresultate fielen in der Tat über alle Fehlergrenzen aus den anderen Messungen heraus, ihr Mittelwert stimmte aber gut mit ihnen überein. Es ist ja auch plausibel, daß der Fehler nach den beiden Seiten zu bis auf Größen höherer Ordnung gleich sein muß. Daher wurde kein Bedenken getragen, diese „Doppelmessungen" mit ihrem Mittelwert zum Endresultat heranzuziehen, da zumal bei CO_2 eine neue Darstellung des Gases zu neuen Messungen mit großem Zeitverlust verbunden gewesen wäre. Bei CO jedoch wurde dieser Fehler vermieden, indem einmal dafür gesorgt wurde, daß die Lampe vor Beginn der Messung schon längere Zeit brannte, andererseits die genaue Streifenzahl sofort nach dem Schließen des Hahnes abgelesen und öfters bei einer Messung zwischen Ein- und Ausströmen gewechselt wurde. In der Tat verliefen diese Messungen viel regelmäßiger und glatter.

Die Zahl der Streifen konnte auf $^1/_{10}$ und nach längerer Übung auf $^1/_{20}$ genau abgelesen werden. Diese Genauigkeit wurde besonders dadurch erreicht, daß die Streifen möglichst an der Grenze zwischen dem hellen und dem dunklen Teil zur Ruhe gebracht wurden.

Die Brechungsquotienten wurden für drei Stellen, die rote, die gelbe und die grüne Heliumlinie nach Gleichung I Seite 3 absolut bestimmt. Zu Anfang und zum Schluß jeder Messung wurde außerdem in der Regel die Zahl der zwischen je zwei Linien liegenden Streifen gezählt und so das δ/N_1 erhalten, aus dem nach Formel II (S. 3) die Brechungsquotienten für die anderen fünf Linien aus dem absolut bestimmten berechnet werden konnten.

Messungen und Resultate.

Im folgenden sind die Einzelheiten bei den Messungen und die Tabellen zusammengestellt.

a. Trockene atmosphärische Luft.

Die Luft wurde im Garten des Instituts in einem Wassergasometer aufgefangen und mit Phosphorpentoxyd getrocknet, und zwar wurde sie nicht bloß über $P_2 O_5$ geleitet, sondern blieb, wie auch die folgenden Gase, vor jeder Messung mindestens 10 Minuten, meistens aber stundenlang in dem Raume, der die Phosphorsäure enthielt.

In der folgenden Tabelle steht in der ersten Kolumne die Anzahl der jedesmal vorübergewanderten Streifen, in der zweiten der zugehörige Druck auf 0° reduziert, in der dritten das Mittel der korrigierten Temperaturen an den beiden Rohrenden. Die vierte enthält die Zahl der Streifen, die zur Berechnung zusammengefaßt wurden. In der fünften stehen dann die Werte für p/N. $n - 1$ ist der um 1 verminderte Brechungsquotient. In den mit „Relative Messung" bezeichneten Tabellen haben δ, N_1 und n_2 die bei Entwickelung von Formel II angegebene Bedeutung. Die Farbenangaben bezeichnen die entsprechenden oben angegebenen Heliumlinien. Tabelle VI enthält die beiden herausfallenden Messungen, von denen auf Seite 6 die Rede war. Als Ausdehnungskoeffizient wurde $\alpha = {}^1/_{273}$ genommen.

I. Absolute Messung.

$\lambda = 6678{,}4$. Einströmen. Rohrtemp. 18,62°.

N	M in mm	T in °C.	N_1	p_1/N_1
0	364,41	18.42	80.45	1,8990
40.60	287,13	18.55		
39.85	211,63	18.65	79.90	1,9010
40.05	135,24	18.70	80.30	1,9061
40.25	58,57	18.77		
			Mittel	1,9020

$n - 1 = 0{,}00029290.$

Relative Messung.

$N_1 = 160{,}75$.

Zwischen rot und	gelb	grün II	grün III	hellblau	dunkelblau
δ	22.6	55.5	59.8	70.1	83.1
$1 + \delta/N_1$	1,14059	1,34525	1,37200	1,43607	1,51694
$(n_2 - 1).10^8$	29393	29593	29617	29685	29749

II. Absolute Messung.

$\lambda = 6678{,}4$. Ausströmen. Rohrtemp.: 18,82°.

N	M in mm	T in °C.	N_1	p_1/N_1
0	31,94	18.67		
40.30	108,23	18.75	80.25	1,8938
39.95	183,92	18.80	79.95	1,8970
40.00	259,90	18.85	80.05	1,9077
40.05	336,63	18.89	80.05	1,9085
40.00	412,68	18.91		

Mittel 1,9017

$n - 1 = 0{,}00029314$.

III. Absolute Messung.

$\lambda = 5875{,}9$. Einströmen. Rohrtemp. 20,27°.

N	M in mm	T in °C.	N_1	p_1/N_1
0	349,13	20.02		
50.10	264,88	20.15	100.10	1,6793
50.00	181,03	20.27	100.05	1,6770
50.05	97,09	20.39		
49.95	13,45	20.48	100.00	1,6758

Mittel 1,6774

$n - 1 = 0{,}00029386$.

Relative Messung.

$N_1 = 200{,}10$.

Zwischen gelb und	rot	grün II	grün III	hellblau	dunkelblau
δ	24.75	35.95	40.65	51.75	—
$1 \pm \delta/N_1$	0,87631	1,17966	1,20315	1,25862	—
$(n_2 - 1).10^8$	29269	29591	29617	29668	—

NB. Bei dieser Messung konnte der Brechungsquotient für die dunkelblaue Linie nicht ermittelt werden, da die Interferenzstreifen dort nicht mehr lichtstark genug waren, um genau gezählt werden zu können. Der Grund war ein schlechtes Brennen der Bogenlampe infolge weniger guter Kohlen.

IV. Absolute Messung.

$\lambda = 5875{,}9$. Einströmen. Rohrtemp. 19,10°.

N	M in mm	T in °C.	N_1	p_1/N_1
0	334,70	19.04	100.2	1,6700
50.1	251,88	19.08		
50.1	167,37	19.09	100.1	1,6755
50.0	84,15	19.13	100.2	1,6654
50.2	0,49	19.15		

Mittel 1,6703

$n - 1 = 0{,}00029393$.

V. Absolute Messung.

$\lambda = 5015{,}7$. Einströmen. Rohrtemp. 18,14°.

N	M in mm	T in °C.	N_1	p_1/N_1
0	393,62	18.03	99.8	1,4088
49.9	323,14	18.05		
49.9	253,02	18.09	99.9	1,4068
50.0	182,60	18.12	100.1	1,4135
50.1	111,53	18.22	100.2	1,4156
50.1	40,76	18.30		

Mittel 1,4112

$n - 1 = 0{,}00029600$.

Relative Messung.

$N_1 = 250{,}0.$

Zwischen grün II und	rot	gelb	grün III	hellblau	dunkelblau
δ	64,1	38,1	5,1	17,0	32,5
$1 \pm \delta/N_1$	0,74366	0,84760	1,02040	1,06800	1,13000
$(n_2 - 1).10^8$	29306	29391	29638	29706	29816

VIa. Absolute Messung.

$\lambda = 5\,015{,}7.$ Einströmen. Rohrtemp. 18,58°.

N	M in mm	T in °C.	N_1	p_1/N_1
0	405,75	18.45		
50.30	335,18	18.5$\overline{1}$	100.25	1,4128
49.95	264,11	18.59	99.80	1,4127
49.85	194,19	18.66		
49.90	123,57	18.6$\overline{9}$	99.75	1,4089

Mittel: 1,4115

$n - 1 = 0{,}00029639.$

VIb. Absolute Messung.

$\lambda = 5015{,}7.$ Ausströmen. Rohrtemp. 18,80°.

N	M in mm	T in °C.	N_1	p_1/N_1
0	59,79	18.7$\overline{2}$		
49.9	131,00	18.76	100.9	1,4160
51.0	202,66	18.82	101.0	1,4126
50.0	273,67	18.8$\overline{3}$		
50.6	345,46	18.8$\overline{4}$	100.6	1,4195

Mittel: 1,4160

$n - 1 = 0{,}00029567.$

Mittel aus a und b: $n - 1 = 0{,}00029603.$

In der folgenden Tabelle sind die Resultate für Luft zusammengestellt. Die unterstrichenen Brechungsquotienten sind absolut bestimmt.

$\lambda =$	6678,4	5875,9	5015,7	4922,1	4713,3	4471,6
$n - 1 =$						
0,000	29269	29386	29591	29617	29668	—
	29306	29391	29600	29638	29706	29816
	29290	29393	29593	29617	29685	29749
	—	29393	—	—	—	—
	—	—	29603	—	—	—
	29314	—	—	—	—	—
Mittel:	29295	29391	29597	29624	29686	29783
Abgerundet:	2930	2939	2960	2962	2969	2978

b. Kohlendioxyd.

Zur Herstellung von CO_2 wurde ein Gemisch von drei Teilen Kaliumbichromat und einem Teil Natriumkarbonat in einer Hartglasröhre im Verbrennungsofen erhitzt. (Die Chemikalien waren von F. Kahlbaum in Berlin bezogen und wurden vor den Versuchen auf ihre Reinheit geprüft.) Die Reaktion erfolgt nach der Gleichung

$$K_2Cr_2O_7 + Na_2CO_3 = K_2CrO_4 + Na_2CrO_4 + CO_2.$$

Die Röhre mit dem feinpulverisierten Gemisch, die durch einen mit Quecksilber gedichteten Schliff mit dem Apparat verbunden war, wurde zuerst evakuiert, dann langsam auf etwa 100° C. erhitzt. Dabei wurde noch Wasserdampf und Luft frei, die erst sorgfältig abgepumpt wurden, bis die Geißlerröhre wieder Vakuum zeigte. Dann wurde die Temperatur vorsichtig gesteigert, bis sich das Gas entwickelte. Die Reaktion tritt etwa zwischen 300° und 400° ein; bei stärkerer Erhitzung geht noch eine andere Reaktion vor sich; es bildet sich im Rohr grünes Chromoxyd und gibt gleichzeitig Sauerstoff ab:

$$2\ K_2Cr_2O_7 = 2\ K_2CrO_4 + Cr_2O_3 + 3\ O$$

Bei der Entwickelung des schließlich zur Messung verwendeten Kohlendioxyds war das Gemisch in dem ganzen Rohre gleichmäßig gelbbraun geblieben, so daß man sicher sein konnte, daß keine andere Verunreinigung als Luft, die sich nie ganz beseitigen ließ, im Gase enthalten war.

Zwischen dem Entwickelungsgefäß nnd dem Apparat befand sich hier und bei den folgenden Gasen ein Manometer, welches aus einem etwa 80 cm langen in einen Quecksilbertrog tauchenden Glasrohr bestand. Es

diente zur rohen Orientierung über die zur Verfügung stehende Gasmenge, sowie als Sicherheitsventil, indem durch das Herausperlen des Gases durch das untere Quecksilbergefäß ein Ansteigen des Druckes auf eine für die Glasröhren gefährliche Höhe verhindert wurde.

Bei der Analyse brauchte man sich nach dem oben Gesagten nur darauf zu beschränken, den Prozentgehalt an Luft festzustellen. Dies geschah auf folgende Weise: Zwischen dem Hahn C_1, durch den man das Gas aus dem Untersuchungsrohr ausströmen lassen konnte, und der Hg-Pumpe waren mehrere Glaskugeln A mit Rohransätzen von aus der Figur ersichtlicher Gestalt an die Röhren angeschmolzen. Ihr Durchmesser betrug etwa 5 cm. Nach der Messung waren sie bis zum Enddrucke mit dem Gasgemisch gefüllt. Sie wurden dann bei c abgezogen und die Spitze unter Kalilauge abgebrochen, die zunächst unter dem Einflusse des Atmosphärendrucks, dann infolge der Absorption der Kohlensäure in die Höhe stieg und nur einen Teil des Ansatzes mit Luft gefüllt freiließ. Das Volumen dieses Teiles wurde als das eines Zylinders vom Querschnitt der Röhre und der mit Berücksichtigung der Abrundungen auf 1 mm gemessenen Höhe berechnet. Es genügte für die Genauigkeit, wenn der Inhalt der Erweiterung als der einer Kugel oder, in vereinzelten Fällen, als der eines Rotationsellipsoides berechnet wurde. Ist das ganze Volumen V, der Barometerdruck vermindert um die Flüssigkeitshöhe in der Kugel = B und x der Partialdruck der Luft im Gemische, so ist

$$B \cdot V_1 = x \cdot V$$

also

$$x = \frac{B \cdot V_1}{V},$$

und wenn E der Druck ist, bei dem die Kugel abgeschmolzen wurde, ist

$$y = \frac{100 \cdot x}{E} = \frac{100 \cdot B \cdot V_1}{E \cdot V}$$

der Gehalt an Luft in Prozenten.

Es war die Frage, ob zur Absorption der Kohlensäure ausgekochte oder mit Luft gesättigte Kalilauge genommen werden sollte. Im ersten Falle konnte die luftfreie Kalilauge die mit dem CO_2 gemischte Luft bei der Schnelligkeit der Reaktion leicht zum Teil mit absorbieren. Im anderen Falle konnte die mit Luft gesättigte Kalilauge beim Einströmen in den Raum geringeren Druckes etwas Luft abgeben und so das Resultat fälschen. Die Schwierigkeit wurde dadurch überwunden, daß man nur wenig KOH in die Kugel eintreten ließ, soviel wie bequem genügte, um das CO_2 zu absorbieren, und dann Quecksilber nachsteigen ließ.

Die Ergebnisse der Analysen sind im folgenden immer bei der Korrektion des Brechungsquotienten mit angegeben.

Als Ausdehnungskoefficient wurde genommen

$$\alpha = 0{,}003716 \text{ (P. Chappuis).}$$

I. Absolute Messung.

$\lambda = 6678{,}4$. Ausströmen. Rohrtemp.: 19,47°.

N	M in mm	T in °C.	N_1	p_1/N_1
0	161,42	19.42		
25.00	191,60	19.44	99.95	1,2458
25.05	223,37	19.45		
25.00	254,78	19.46	100.05	1,2585
24.90	285,94	19.47		
25.10	317,51	19.48	100.00	1,2526
25.00	348,63	19.50	99.95	1,2441
24.95	379,13	19.52		

Mittel 1,2502

$n - 1 = 0{,}00044731$
$+ \quad 4$ entsprechend 0,027 % Luft
$0{,}00044735$

$N_1 = 175.00$. Relative Messung.

Zwischen rot und	gelb	grün II	grün III	hellblau	dunkelblau
δ	25.0	61.0	65.8	77.2	92.0
$1 + \delta/N_1$	1,14286	1,34857	1,37600	1,44114	1,52571
$(n_2 - 1).10^8$	44983	45310	45368	45499	45699

IIa. Absolute Messung.

$\lambda = 6678{,}4$. Einströmen. Rohrtemp.: 19,44°.

N	M in mm	T in °C.	N_1	p_1/N_1
0	375,81	19.29		
25.60	343,58	$19.3\overline{4}$	100.55	1,2496
25.00	312,39	$19.3\overline{7}$		
25.05	281,29	19.41	100.15	1,2453
24.90	250,16	19.45		
25.20	218,86	19.50	100.00	1,2447
24.85	187,92	$19.5\overline{4}$	98.75	1,2427
23.80	158,57	$19.6\overline{0}$		

Mittel 1,2456

$n - 1 = 0{,}00044894$
$+ \quad 37$ entspr. 0,247 % Luft
$0{,}00044931$

IIb. Absolute Messung.

$\lambda = 6678{,}4$. Ausströmen. Rohrtemp.: 19,10°.

N	M in mm	T in °C.	N_1	p_1/N_1
0	159,34	18.93		
19.65	183,21	18.95	98.90	1,2546
19.05	207,95	19.01		
20.10	232,95	19.06	99.25	1,2594
20.10	258,19	19.08		
20.00	283,42	19.13	100.20	1,2522
20.00	308,21	19.18		
20.00	333,39	19.20	100.10	1,2537
20.00	358,45	19.22		
20.00	383,05	19.26	100.00	1,2486

Mittel 1,2537

$n - 1 = 0{,}00044552$

$+ \quad 37$ entspr. 0,247 % Luft

$0{,}00044589$

Mittel aus a und b: 0,00044760.

III. Absolute Messung.

$\lambda = 5875{,}9$. Einströmen. Rohrtemp.: 18,52°.

N	M in mm	T in °C.	N_1	p_1/N_1
0	423,31	18.38		
25.15	396,00	18.42	100.25	1,0882
25.00	368,89	18.45		
25.05	341,63	18.48	100.10	1,0876
25.05	314,22	18.51	101.10	1,0913
25.00	287,13	18.55		
26.00	258,56	18.58	100.95	1,0923
24.90	231,36	18.62	101.00	1,0903
25.10	204,10	18.65		

Mittel 1,0899

$n - 1 = 0{,}00044996$

Unkorrigiert, da nur Spuren von Luft vorhanden.

$N_1 = 201{,}25$. Relative Messung.

Zwischen gelb und	rot	grün II	grün III	hellblau	dunkelblau
δ	24,9	36,2	41,1	52,5	67,1
$1 \pm \delta/N_1$	0,87627	1,17988	1,20422	1,26086	1,33341
$(n_2 - 1).10^8$	44763	45319	45390	45508	45659

IV. Absolute Messung.

$\lambda = 5875{,}9$. Ausströmen. Rohrtemp.: 20,30°.

N	M in mm	T in °C.	N_1	p_1/N_1
0	179,45	20,18		
24.95	206,63	20.22	100.00	1,0977
25.10	234,28	20.25		
24.95	261,78	20.28	100.00	1,0998
25.00	289,22	20.32		
24.95	316,61	20.35	99.90	1,0996
25.00	344,13	$20.3\overline{9}$		
24.90	371,72	$20.4\overline{1}$	99.85	1,1011

Mittel 1,0996

$n - 1 = 0{,}00044879$

$+ \quad 130$ entspr. 0,880 % Luft

$0{,}00045009$

V. Absolute Messung.

$\lambda = 5015{,}7$. Ausströmen. Rohrtemp. 19,92°.

N	M in mm	T in °C.	N_1	p_1/N_1
0	241,97	19.90		
24.90	265,19	$19.9\overline{0}$	99.85	0,9321
24.95	288,65	19.91		
25.00	311,86	19.92	100.00	0,9297
25.00	335,04	19.93		
25.05	358,16	19.94	100.05	0,9228
25.00	380,98	19.96		

Mittel 0,9282

$n - 1 = 0{,}00045323$

$+ \quad 4$ entspr. 0,027 % Luft

$0{,}00045327$

$N_1 = 149{,}90$. Relative Messung.

Zwischen grün II und	rot	gelb	grün III	hellblau	dunkelblau
δ	38.8	22.9	3.0	10.2	19.5
$1 \pm \delta/N_1$	0,74116	0,84723	1,02001	1,06805	1,13009
$(n_2 - 1)\ 10^8$	44731	44988	45370	45489	45666

VIa. Absolute Messung.

$\lambda = 5015{,}7$ Einströmen. Rohrtemp. 19,16°.

N	M in mm	T in °C.	N_1	p_1/N_1
0	338,50	19.08		
24.75	315,78	19.10	99.90	0,9167
25.05	292,83	19.12	100.50	0,9152
25.20	269,84	19.16		
24.90	246,92	19.18	100.40	0,9168
25.35	223,80	19.21		
24.95	200,78	19.25		

Mittel 0,9162

$n - 1 = 0{,}00045793$
$+ \quad 4$ entspr. 0,027 % Luft
0,00045797

VIb. Absolute Messung.

$\lambda = 5015{,}7$. Ausströmen. Rohrtemp. 19,76°.

N	M in mm	T in °C.	N_1	$p_1 N/_1$
0	199,62	19.68		
24.80	222,21	19.69	99.60	0,9347
24.70	245,55	19.72	99.80	0,9393
25.00	268,81	19.72		
25.10	292,72	19.77	100.10	0,9365
25.00	315,96	19.80		
25.00	339,30	19.82	100.25	0,9381
25.15	362,86	19.86		

Mittel 0,9372

$n - 1 = 0{,}00044863$
$+ \quad 4$ entspr. 0,027 % Luft
0,00044867

Mittel aus a und b 0,00045332

Zusammenstellung der Resultate für CO_2.

$\lambda =$	6678,4	5875,9	5015,7	4922,1	4713,3	4471,6
$n - 1 =$ 0,000	44763	44996	45319	45390	45508	45659
	44731	44988	45327	45370	45489	45666
	44735	44983	45310	45368	45499	45699
	44760	—	—	—	—	—
	—	45009	—	—	—	—
	—	—	45332	—	—	—
Mittel:	44747	44994	45322	45376	45499	45675
Abgerundet:	4475	4499	4532	4538	4550	4568

Die folgende Tabelle enthält die Resultate früherer Dispersionsmessungen an CO_2 mit denen dieser Arbeit zusammengestellt.

λ	Ketteler	Mascart	Perreau	Rentschler	J. Koch	Stuckert	Diese Arbeit
6709.7	4476.8	—	—	—	4470.7	4466	—
6678.4	—	—	—	—	—	—	4475
6440.3	—	4532.2	4486.7	—	—	—	—
5894.6	4492.2	4544.0	4502.0	—	4491.6	—	—
5875.9	—	—	—	—	—	—	4499
5771.2	—	—	—	4487	—	—	—
5462.3	—	—	—	4470	4505.6	4511	—
5379.6	—	4556.3	4517.8	—	—	—	—
5352.0	4507.2	—	—	—	—	—	—
5087.2	—	4562.6	4529.9	—	—	—	—
5015.7	—	—	—	—	—	—	4532
4922.1	—	—	—	—	—	—	4538
4801.3	—	4587.2	4544.3	—	—	—	—
4713.3	—	—	—	—	—	—	4550
4679.5	—	—	4549.7	—	—	—	—
4471.6	—	—	—	—	—	—	4568
4359.6	—	—	—	4513	4562.7	4589	—
4047	—	—	—	4539	—	—	—
3651	—	—	—	4582	—	—	—
3342	—	—	—	4668	—	—	—

c. Kohlenoxyd.

Das Kohlenoxyd wurde hergestellt durch gelindes Erhitzen eines Gemisches von 50 gr Natriumformiat, 300 gr konzentrierter Schwefelsäure und 150 gr Wasser:

$$Na\,COOH + H_2\,SO_4 = CO + Na\,H\,SO_4 + H_2O.$$

Es wurde mit Schwefelsäure getrocknet, durch festes Kaliumhydroxyd von Kohlensäure befreit und nochmals durch Phosphorpentoxyd getrocknet.

Die Analyse erfolgte wie bei CO_2, als Absorptionsflüssigkeit wurde eine ammoniakalische Lösung von Kupferchlorür in Salmiak verwendet.

Als Ausdehnungskoeffizient wurde genommen:

$$\alpha = 0{,}003667 \quad \text{(Regnault.)}$$

I. Absolute Messung.

$\lambda = 6678{,}4$. Ein- und Ausströmen. Rohrtemp.: 19,57°.

N	M in mm	T in °C.	N_1	p_1/N_1
0	322,33	19.40		
25.10	280,03	19.46	100.65	1,6832
25.05	238,07	19.48		
25.30	195,56	19.53	100.45	1,6808
25.20	152,91	19.58		
24.90	194,63	19.65	100.20	1,6788
24.80	235,96	19.69	99.80	1,6783
24.90	277,76	19.74		

Mittel 1,6803

$n - 1 = 0{,}00033264$

$+ \quad 54$ entspr. 1,346 % Luft

$0{,}00033318$

Relative Messung.

$N_1 = 100{,}05$.

Zwischen rot und	gelb	grün II	grün III	hellblau	dunkelblau
δ	14.2	35.0	37.7	44.4	52.8
$1 + \delta/N_1$	1,14193	1,34982	1,37681	1,44377	1,52772
$(n_2 - 1).10^8$	33474	33776	33808	33948	34080

II. Absolute Messung.

$\lambda = 6678{,}4$. Ein- und Ausströmen. Rohrtemp.: 18,87°.

N	M in mm	T in °C.	N_1	p_1/N_1
0	326,68	18.71		
20.00	293,20	18.78	85.55	1,6743
25.50	335,85	18.82		
20.05	369,55	18.84	86.55	1,6705
20.00	402,96	18.88		
21.00	368,14	18.92	81.05	1,6708
20.00	334,65	18.96		
20.10	368,68	18.99	81.10	1,6750

Mittel 1,6727

$n - 1 = 0{,}00033335$

korrigiert wie oben: 0,00033389

III. Absolute Messung.

$\lambda = 5875{,}9$. Ein- und Ausströmen. Rohrtemp.: 19,22°.

N	M in mm	T in °C.	N_1	p_1/N_1
0	257,44	19.09		
25.40	294,50	19.12	100.60	1,4663
25.10	331,12	19.14		
25.10	367,98	19.18	100.20	1,4677
25.00	404,95	19.23		
25.00	368,33	19.27	100.10	1,4697
25.00	331,66	19.32		
26.00	293,70	19.36	101.00	1,4675

Mittel 1,4678

$n - 1 = 0{,}00033464$

korrigiert wie oben: 0,00033518

$N_1 = 174{,}90$. Relative Messung.

Zwischen gelb und	rot	grün II	grün III	hellblau	dunkelblau
δ	21.6	32.0	36.1	46.1	—
$1 \pm \delta/N_1$	0,87650	1,18296	1,20640	1,26358	—
$(n_2 - 1).10^8$	33343	33798	33825	33924	—

VI. Absolute Messung.

$\lambda = 5875{,}9$. Ausströmen. Rohrtemp.: 19,44°.

N	M in mm	T in °C.	N_1	p_1/N_1
0	0,23	19.25		
25.00	36,44	19.29	100.35	1,4693
25.15	73,74	19.37	100.65	1,4709
25.20	109,86	19.42		
25.00	147,67	19.47	100.50	1,4676
25.30	184,49	19.51	100.55	1,4764
25.00	221,20	19.56		
25.25	258,32	19.61		

Mittel 1,4710

$n - 1 = 0{,}00033416$

korrigiert wie oben: 0,00033470

V. Absolute Messung.

$\lambda = 5015{,}7$. Ein- und Ausströmen. Rohrtemp.: 19,38°.

N	M in mm	T in °C.	N_1	p_1/N_1
0	275,73	19.22		
25.70	243,98	19.26	104.80	1,2443
25.00	212,91	19.30	104.20	1,2446
24.90	181,95	19.35	104.05	1,2425
3.60	177,29	19.38		
25.60	209,25	19.42	104.20	1,2437
25.10	240,29	19.44		
24.85	270,95	19.48		
25.05	302,22	19.51		

Mittel 1,2438

$n - 1 = 0{,}00033729$

korrigiert wie oben: 0,00033783.

$N_1 = 74{,}65$. Relative Messung.

Zwischen grün II und	rot	gelb	grün III	hellblau	dunkelblau
δ	19,4	11,5	1,6	5,2	9,8
$1 \pm \delta/N_1$	0,74012	0,84595	1,02143	1,06966	1,13129
$(n_2 - 1).10^8$	33292	33479	33862	33956	34072

VI. Absolute Messung.

$\lambda = 5015{,}7$. Ein- und Ausströmen. Rohrtemp.: 19,75°.

N	M in mm	T in °C.	N_1	p_1/N_1
0	292,41	19.60		
25.00	261,25	19.64	99.90	1,2489
25.00	230,06	19.69		
24.70	199,03	19.72	99.80	1,2454
25.20	230,42	19.77		
24.90	261,10	19.80	99.80	1,2454
25.00	292,29	19.86	100.10	1,2402
25.00	323,17	19.90		

Mittel 1,2449

$n - 1 = 0{,}00033740$

korrigiert wie oben: 0,00033794.

Zusammenstellung der Resultate für CO.

$\lambda =$	6678,4	5875,9	5015,7	4922,1	4713,3	4471,6
$n - 1 =$ 0,000	33343	33470	33798	33825	33924	—
	33292	33479	33783	33862	33956	34072
	33318	33474	33776	33808	33948	34080
	—	33518	—	—	—	—
	—	—	33794	—	—	—
	33389	—	—	—	—	—
Mittel	33336	33485	33788	33832	33943	34076
Abgerundet	3334	3349	3379	3383	3394	3408

Die folgende Tabelle enthält wieder die Resultate früherer Beobachtungen neben denen dieser Arbeit.

λ	Mascart	Perreau	J. Koch	Rentschler	Diese Arbeit
6709.7	—	—	3330.8	—	—
6678.4	—	—	—	—	3334
6440.3	3338.6	3328.3	—	—	—
5894.6	3350.0	3342.0	3349.0	—	—
5875.9	—	—	—	—	3349
5771.2	—	—	—	3303	—
5462.3	—	—	3361.3	3299	—
5379.6	3363.0	3357.0	—	—	—
5087.2	3374.5	3368.4	—	—	—
5015.7	—	—	—	—	3379
4922.1	—	—	—	—	3383
4801.3	3388.9	3382.4	—	—	—
4713.3	—	—	—	—	3394
4679.5	—	3387.8	—	—	—
4471.6	—	—	—	—	3408
4359.6	—	—	3415.7	3346	—
4047	—	—	—	3366	—
3651	—	—	—	3396	—
3342	—	—	—	3442	—

d. Kohlensuboxyd.

Das Gas wurde nach einer der von O. Diels und G. Meyerheim [1]) angegebenen Methoden dargestellt. In einem gut getrockneten Fraktionierkolben wurden 200 gr Phosphorpentoxyd und 20 gr Malonsäure miteinander vermischt und dann im Ölbad auf 140—150 ° erwärmt. Das sich entwickelnde Gas strömte aus dem Kolben, der zu Beginn der Darstellung ebenso wie der ganze Apparat auf ca. 1 mm evakuiert war, in ein weites Reagenzglas, das von einer Kältemischung von Eis und Kochsalz umgeben war, und von da in eine Vorlage, die mit flüssiger Luft gekühlt wurde. In dieser Vorlage kondensierte sich dann das Gas, das bei + 7 ° C. siedet, und das sich gleichzeitig entwickelnde Kohlendioxyd. Nach einstündiger Entwickelung wurde das Vacuum unterbrochen und die Vorlage in ein leeres Dewarsches Gefäß gestellt, so daß sich bei der allmählichen Erwärmung auf etwa — 10 ° C. die Kohlensäure verflüchtigte, während das Kohlensuboxyd im flüssigen Zustande zurückblieb. Ganz ließ sich das CO_2 freilich nie beseitigen, wie man an dem weißen festen Niederschlage im Kondensationsgefäß erkannte.

[1]) Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. 1907, 40,1, pag. 355.

Diese Herstellung ist ziemlich schwierig und es gelang erst nach mehreren vergeblichen Versuchen, eine meßbare Menge der Substanz zu erhalten. Sie wurde in flüssigem Zustande vom chemischen Institut, wo die Entwickelung vorgenommen worden war, nach dem physikalischen Institute transportiert und dort in ein mit dem optischen Apparat verbundenes Gefäß destilliert, welches zu diesem Zwecke in flüssige Luft getaucht wurde. Nach Entfernung des Dewarschen Gefässes verdampfte die Flüssigkeit und man konnte das Gas in den Meßapparat einströmen lassen. Aus diesem mußten vorher alle Gefäße mit Phosphorpentoxyd entfernt werden, weil an dem P_2O_5, wie sich an der Braunfärbung zeigte, eine Zersetzung des C_3O_2 eintrat.

Wegen der auch zeitlich begrenzten Beständigkeit des Kohlensuboxyds wurden immer gleich 100 Streifen oder noch mehr gezählt. Da nur eine kleine Menge Substanz vorhanden war, wurde das Untersuchungsrohr nicht erst auf mittleren Druck gefüllt, sondern die Messungen vom Vacuum aus vorgenommen. Außerdem ließ man das Gas immer wieder in den Vorraum zurückströmen, indem dort mit flüssiger Luft gekühlt wurde. Die Messungen verliefen glatt, das Manometer gab konstante Werte und die Streifen blieben nach Schließen des Hahnes unbeweglich stehen, was beweist, daß im Untersuchungsrohr keine Zersetzung des Gases stattfand. Trotzdem wiesen die für die Brechungsquotienten erhaltenen Resultate starke Schwankungen auf, die bis über vier Einheiten der vierten Dezimale stiegen, wie die folgende Tabelle zeigt.

λ	N	p	T	p/N	$(n-1).10^7$	Bem.
5875.9	110	88,92	18,43	0,8084	6059	Einströmen
5875 9	100	48,89	18,48	0,4889	10021	„
5875.9	100.5	57,38	18,55	0,5709	8583	Ausströmen
5875.9	80	63,03	18,63	0,8889	5514	„
6678.4	143.1	121,42	18,72	0,8485	6568	Einströmen
6678.4	145	123,02	18,81	0,8484	6571	Ausströmen
5015.7	176.7	114,14	18,87	0,6460	6483	Einströmen
5015.7	110.1	67,69	18,92	0,6148	6813	Ausströmen
5875.9	77.7	62,89	18,97	0,8094	6063	Einströmen
5875.9	129.0	108,92	19,02	0.8443	5813	Ausströmen

Da eine chemische Annalyse des Gases nicht angängig war, wurde unmittelbar nach der optischen Messung seine Dampfdichte nach der Hofmannschen Methode bestimmt. Sie ergab sich zu 2,86 anstatt 2,36. Man muß also eine Verunreinigung durch ein spezifisch schwereres Gas annehmen, über welches man sich aber in keiner Weise Rechenschaft geben kann. Dies würde die Größe des Brechungquotienten erklären,

nicht aber die bedeutenden Schwankungen der gefundenen Werte. Dafür kann man auch keine zufälligen Störungen verantwortlich machen, sondern es muß ein systematischer Fehler vorliegen. Ein solcher könnte nun veranlaßt werden durch die verschiedenen Siedetemperaturen der Bestandteile des Gases, nämlich C_3O_2, CO_2 und etwaiger anderer. Da das Gas während des Verdampfens bezw. Kondensierens in die Versuchsröhre ein- und ausströmte, ist es naheliegend anzunehmen, daß zuerst im wesentlichen nur derjenige seiner Bestandteile hineingelangte oder entfernt wurde, der den niedrigsten Siedepunkt hat. Demgemäß müßten die ersten vorüberwandernden Streifen dem CO_2 entsprechen und erst spätere das optische Verhalten des Kohlensuboxyds wiedergeben. In der Tat ergaben sich übereinstimmendere Werte, wenn man eine gewisse Anzahl der ersten Streifen von der Berechnung ausschloß. Da aber die Verunreinigungen sowohl qualitativ wie quantitativ unbekannt waren, ließ sich auf diesem Wege keine Korrektion erzielen.

Bei einer Wiederholung der Messung wurde der Versuch gemacht, diese Fehlerquelle möglichst auszuschalten. Zu dem Zwecke wurde zwischen dem Kondensationsgefäß und dem Einströmhahn eine größere Glaskugel angeschmolzen, die von einem kommunizierenden Gefäß aus mit Quecksilber gefüllt werden konnte. Durch wiederholtes Heben und Senken dieses Gefäßes wurde das völlig verdampfte Gas vor dem Einströmen ins Versuchsrohr gemischt. Leider war bei diesem Versuch die Ausbeute an C_3O_2 sehr klein, der Prozentgehalt an CO_2 dagegen sehr hoch. Gleichwohl ist aus folgender Tabelle zu ersehen, daß die Schwankungen wesentlich kleiner sind.

λ	N	p	T	p/N	$(n-1).10^7$	Bem.
5875.9	91.1	96,41	21,15	1,0583	4672	Einströmen
5875.9	40.0	40,95	21,15	1,0237	4830	,,
6678.4	81.0	98,43	21,27	1,2152	4626	,,
6678.4	28.0	33,48	21,27	1,1957	4702	,,

Unter diesen Umständen wurde auf eine weitere Untersuchung des Gases verzichtet, welche zudem erst nach längerer Unterbrechung hätte aufgenommen werden können, und die genaue Bestimmung seiner Dispersion einer späteren Arbeit vorbehalten.

Zum Schluß sei noch eine theoretische Bemerkung gemacht. Nach Natanson[1]) soll zwischen der Dispersion eines Gases und der Anzahl der

[1]) Zeitschrift für physik. Chemie 61, pag. 321. (1908.)

in ihm enthaltenen Valenzen eine einfache Beziehung bestehen. Es soll nämlich, wenn

$$\Delta = \frac{3\,(n_1 - n_2)\,\lambda_1^{\,2} \cdot \lambda_2^{\,2}}{2\,(n_1 - 1)\,(n_2 - 1)\,(\lambda_2^{\,2} - \lambda_1^{\,2})}$$

und υ die Zahl der Valenzen ist, das Produkt $\Delta\upsilon$ eine Konstante sein, und zwar für eine Reihe von Gasen, zu denen Kohlensäure und Kohlenoxyd gehören, gleich 16, für andre gleich 23. Die Berechnung von $\Delta\upsilon$ aus den vorangehenden Messungen ergibt folgende Werte:

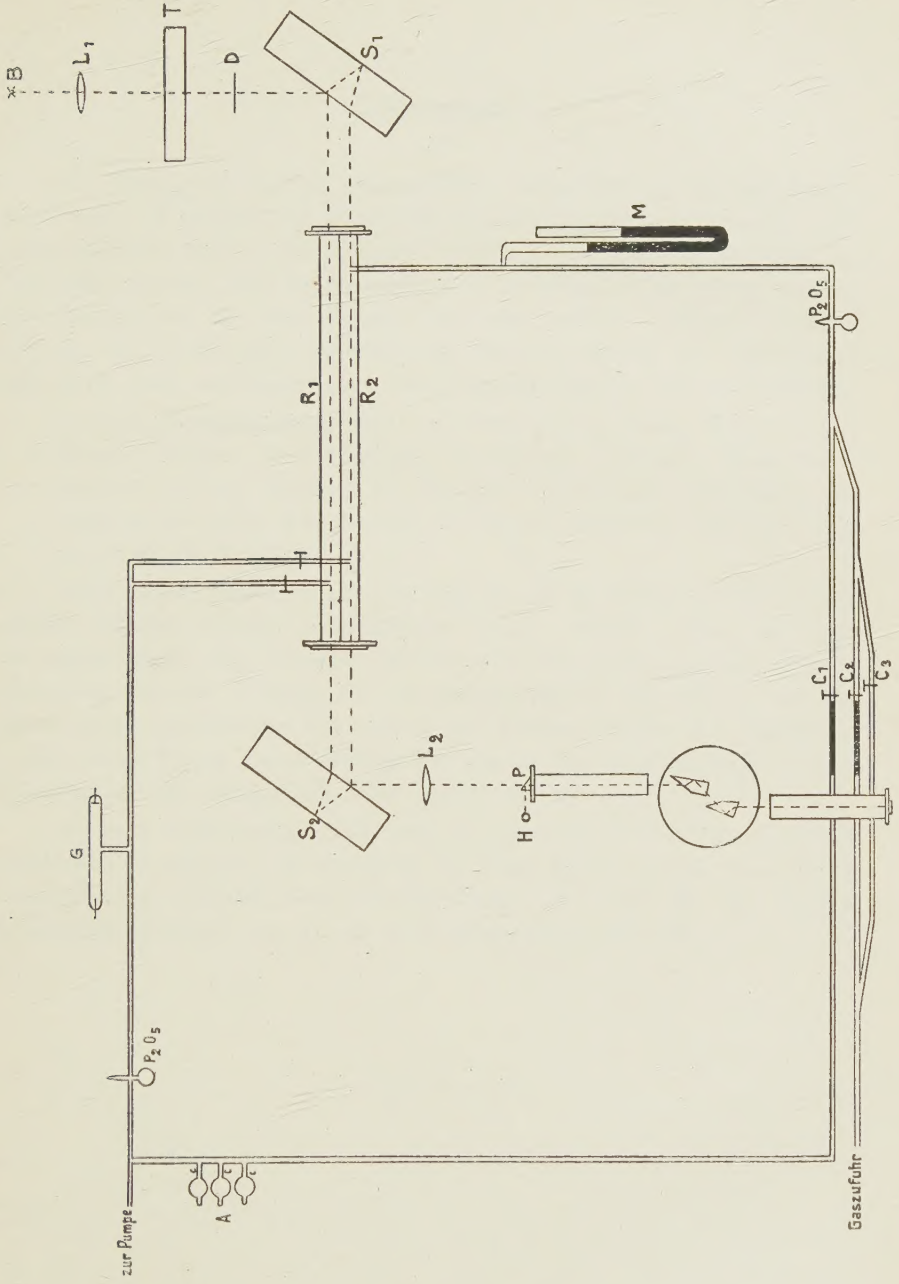
CO_2.

$\upsilon = 8$			
Δ rot — gelb	$= 2{,}81$	$\Delta\upsilon =$	22,48
gelb — grün II	$= 2{,}24$		17,92
grün II — hellbl.	$= 2{,}45$		19,60
hellbl. — dunkelbl.	$= 2{,}54$		20,32
rot — dunkelbl.	$= 3{,}11$		24,88
		Mittel	21,04

CO.

$\upsilon = 4$			
Δ rot — gelb	$= 2{,}92$	$\Delta\upsilon =$	11,68
gelb — grün II	$= 3{,}73$		14,92
grün II — hellbl.	$= 3{,}85$		15,40
hellbl. — dunkelbl.	$= 3{,}45$		13,80
rot — dunkelbl.	$= 3{,}54$		14,08
		Mittel	13,98

Beide Werte weichen also von dem theoretischen, 16, bedeutend ab, was allerdings nicht sehr zu verwundern ist, da die zugrunde liegende Beziehung unsicher und die Formel selbst zu empfindlich ist, um bei dem jetzigen Grade der Genauigkeit bei Dispersionsmessungen auf Übereinstimmung rechnen zu können. Da aber trotzdem bei vielen einschlägigen Arbeiten die Werte für $\Delta\upsilon$ angegeben werden, ist es hier des Vergleichs wegen auch geschehen.


B
L1
T
D
S1
M
P2O5
R1
R2
H
C1
C2
C3
L2
S2
P
H
G
P2O5
A
zur Pumpe
Gaszufuhr

Lebenslauf.

Ich, Georg Gruschke, evangelischen Bekenntnisses, bin am 15. Januar 1887 zu Breslau als Sohn des Ratssekretärs Richard Gruschke und seiner Ehefrau Martha, geb. Kleinert, geboren. Ich besuchte seit 1893 die Vorschule und seit 1896 das Gymnasium zu St. Elisabeth hierselbst, welches ich Ostern 1905 mit dem Zeugnis der Reife verließ. Alsdann studierte ich an den Universitäten Breslau und München Physik und Mathematik und hörte dabei die Vorlesungen und Übungen folgender Herren Dozenten:

Abegg†, Baumgartner, Bohn†, von dem Borne, Franz, Freudenthal†, Hintze, Kneser, A. Ladenburg, Landsberg, Lummer, Pringsheim, Rosanes, Sachs, Sackur, Cl. Schaefer, Sturm und Waetzmann in Breslau; Cornelius, Doehlemann, A. Korn, Lindemann, Röntgen, Voll und Voss in München.

Allen meinen verehrten Lehrern sage ich für die freundliche Förderung meiner Studien meinen aufrichtigsten Dank. Ferner danke ich auch an dieser Stelle dem Direktor des hiesigen chemischen Instituts, Herrn Geheimrat Prof. Dr. Buchner für die Bereitwilligkeit, mit der er mir die Mittel seines Instituts zur Herstellung des Kohlensuboxyds zur Verfügung stellte, sowie Herrn Privatdozenten Dr. Sackur für die freundliche Unterstützung bei dem chemischen Teile meiner Arbeit.

Zu ganz besonderem Danke bin ich aber Herrn Prof. Dr. Lummer verpflichtet, sowohl für die Anregung zu dieser Arbeit und die freundliche Unterstützung während ihrer Fertigstellung, als auch für das warme persönliche Interesse, das er mir stets entgegengebracht hat.